

09. 06. 2004



REC'D 28 JUN 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 18 735.9

**Anmeldetag:** 25. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Leybold Vakuum GmbH, 50968 Köln/DE

**Bezeichnung:** Kolbenvakuumpumpe

**IPC:** F 04 B 37/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. April 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

Agurks

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Patentanwälte Patent Attorneys  
VON KREISLER SELTING WERNER

Deichmannhaus am Dom  
D-50667 KÖLN

von Kreisler Selting Werner · Postfach 10 22 41 · D-50462 Köln  
P.O. Box

Leybold Vakuum GmbH  
Bonner Straße 498

50968 Köln

Unser Zeichen:  
030461de/Sg-Eb/scs

Patentanwälte

Dipl.-Chem. Alek von Kreisler  
Dipl.-Ing. Günther Selting  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Karsten Werner  
Dipl.-Chem. Dr. Johann F. Fues  
Dipl.-Ing. Georg Dallmeyer  
Dipl.-Ing. Jochen Hilleringmann  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Peter Jönsson  
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Wilhelm Meyers  
Dipl.-Chem. Dr. Thomas Weber  
Dipl.-Chem. Dr. Jörg Helbing  
Dipl.-Ing. Alexander von Kirschbaum  
Dipl.-Chem. Dr. Christoph Schreiber

Köln,  
24. April 2003

Kolbenvakuumpumpe

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kolbenvakuumpumpe mit einem Gaseinlass in einer Zylinder-Seitenwand.

Bei Kolbenvakuumpumpen und insbesondere bei kleinen Kolbenvakuumpumpen mit Pumpleistungen von weniger als 4 m<sup>3</sup>/h spielt die Konstruktion des Gaseinlasses und die damit verbundenen Totvolumina eine große Rolle für die Baugröße bzw. den Wirkungsgrad der Pumpe. Da insbesondere bei kleinen Kolbenvakuumpumpen der Gaseinlass mangels Bauraum nicht im Bereich des Zylinderbodens angeordnet werden kann, wird der Gaseinlass in einer Seitenwand angeordnet. Eine derartige Kolbenvakuumpumpe wird in DE 196 34 517 beschrieben. Zum Druckausgleich zu Beginn des Saughubes ist eine Ausgleichsleitung zwischen dem Auspuff und dem Kompressionsraum vorgesehen, wobei die Mündung der Ausgleichsbohrung

in dem Kompressionsraum nahe dem Zylinderboden angeordnet ist. Im Verlauf der Ausgleichsleitung ist ein Rückschlagventil angeordnet, das Bauraum benötigt. Das Rückschlagventil ist nicht in der Zylinderwandebene angeordnet, so dass ein den Wirkungsgrad verschlechterndes Totvolumen in der Ausgleichsleitung gebildet wird.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine verbesserte Kolbenvakuumpumpe mit einem Gaseinlass in der Zylinder-Seitenwand zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung bildet im Wesentlichen der Kolben die Ausgleichsleitung und das Ventil. Dies ist so zu verstehen, dass der Kolben die Ausgleichsleitung und das Ventil jedenfalls teilweise, nicht jedoch notwendigerweise alleine bildet. Da die Ausgleichsleitung durch den Kolben gebildet wird, wird für die Ausgleichsleitung kein Raum im Bereich des Zylinderbodens oder der Zylinderseite benötigt. Hierdurch wird ein kompakter Aufbau des Zylinders ermöglicht. Auch das Ventil wird im Wesentlichen von dem Kolben gebildet, so dass sich die Ventilwirkung an der Kolbenstirnwand oder in der unmittelbaren Nähe der Kolbenstirnwand ergibt. Hierdurch wird ein Totvolumen außerhalb des Zylinderraumes vermieden, so dass der Wirkungsgrad der Pumpe nicht verschlechtert wird. Die Ausgleichsleitung und das Ventil können durch den Kolben auf verschiedene Weise gebildet werden. Das Ventil kann als mechanisches Rückschlagventil, jedoch auch als Gasdrossel ausgebildet sein. Die Ausgleichsleitung kann von dem Kolben alleine, aber auch von Kolben und Zylinder gemeinsam gebildet sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Ausgleichsleitung in dem Kolben zwischen einer Kolben-Stirnwandöffnung und einer Kolben-Bodenwandöffnung gebildet, wobei die Kolben-Seitenwandöffnung und der Gaseinlass zu Beginn des Saughubes miteinander verbunden sind. Zu Beginn des Saughubes besteht dadurch eine Verbindung von dem Gaseinlass zu dem Kompressionsraum, obwohl der Kolben noch auf Höhe des Gaseinlasses steht und einen direkten Austritt von Gas aus dem Gaseinlass in den Kompressionsraum nicht gestattet.

Vorzugsweise ist das Ventil ein Rückschlagventil, das in Richtung Gaseinlass sperrt und in Richtung Kompressionsraum öffnet. Hierdurch wird während des Kompressionshubes ein Rückfluss komprimierten Gases über die Ausgleichsleitung blockiert. Das Rückschlagventil kann in der Ebene der Kolbenstirnwand angeordnet sein, so dass das Totvolumen praktisch gleich Null ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist dem Gaseinlass eine Ringnut in der Zylinder-Seitenwand und/oder in der Kolben-Seitenwand zugeordnet. Hierdurch wird eine Vergrößerung des Gaseinlasses bewirkt bzw. bei ungeführten Kolben ein Gasübertritt zwischen Zylinder und Kolben in jeder Drehposition des Kolbens ermöglicht. Die Ringnut kann auch gegenüber dem Gaseinlass in axialer Erstreckung verbreitert sein, um den Gaseintritt während des Saughubes zu verlängern.

Vorzugsweise sind die Ausgleichsleitung und das Ventil von einem Spalt zwischen der Kolben-Seitenwand und der Zylinder-Seitenwand gebildet, wobei die Spaltbreite zwischen 10 bis 100  $\mu\text{m}$  liegt. Die Ausgleichsleitung und das Ventil werden also durch die Kolben-Seitenwand und die Zylinder-Seitenwand begrenzt. Die Spaltbreite wird so gewählt, dass während des Saug-

hubes ein ausreichender Gasfluss zwischen dem Gaseinlass und dem Kompressionsraum erfolgt, der Gasfluss vom Kompressionsraum zum Gaseinlass während des Kompressionshubes jedoch so niedrig ist, dass er den Wirkungsgrad der Pumpe nicht wesentlich verschlechtert. Der Spalt zwischen der Kolben-Seitenwand und der Zylinder-Seitenwand ist gleichzeitig Ausgleichsleitung und Ventil. Bei Spaltbreiten von 10 bis 100  $\mu$  ist dies gewährleistet, wobei die Spaltbreite bei Differenzdrücken von mehr als 100 mbar unter 50  $\mu$ m liegen muss.

Vorzugsweise ist im Verlauf der Ausgleichsleitung in dem Kolben ein Speicherraum vorgesehen. Der Speicherraum wird bei einer Kolbenposition um den Todpunkt zwischen Saughub und Kompressionshub gefüllt, so dass unmittelbar bei Beginn des Saughubes durch die Kolben-Stirnwand ein Druckausgleich zwischen dem Speicherraum und dem Kompressionsraum erfolgen kann, während gleichzeitig der Gaseinlass geschlossen ist.

Vorzugsweise werden die Ausgleichsleitung und das Ventil von einer im Wesentlichen axialen Nut in der Kolben-Seitenwand oder in der Zylinder-Seitenwand gebildet. Die Nut kann axial verlaufen, kann jedoch auch schräg in Form einer Schraubenlinie in der Kolben-Seitenwand oder der Zylinder-Seitenwand ausgebildet sein. Auch auf diese Weise wird eine Ausgleichsleitung gebildet, die ohne mechanische Elemente auskommt und einfach herzustellen ist. Die Ventilwirkung ergibt sich aus einer entsprechenden Wahl des Querschnittes der Nut, der so gewählt wird, dass ein ausreichender Druckausgleich während des Saughubes gewährleistet ist, jedoch keine zu großen Rückstromverluste während des Kompressionshubes auftreten.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist das Ventil als Drossel ausgebildet. Das Ventil wird also ohne bewegliche Teile

realisiert, wodurch eine hohe Zuverlässigkeit erreicht und geringe Herstellungskosten realisiert werden.

Im Folgenden werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel einer Kolbenvakuumpumpe mit im Kolben angeordneter Ausgleichsleitung und Ventil und im Totpunkt des Kolbens zwischen Kompressionshub und Saughub,
- Fig. 2 die Kolbenvakuumpumpe der Figur 1 während des Saughubes,
- Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel der Kolbenvakuumpumpe mit einer umlaufenden Gaseinlass-Nut,
- Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel der Kolbenvakuumpumpe mit einer umlaufenden Gaseinlass-Nut in der Kolben-Seitenwand,
- Fig. 5 ein viertes Ausführungsbeispiel der Kolbenvakuumpumpe mit einem die Ausgleichsleitung und das Ventil bildenden Spalt zwischen der Kolben-Seitenwand und der Zylinder-Seitenwand, und
- Fig. 6 ein fünftes Ausführungsbeispiel einer Kolbenvakuumpumpe, bei der die Ausgleichsleitung und das Ventil von einer axialen Nut in der Kolben-Seitenwand gebildet wird.

In den Figuren 1-6 ist jeweils eine Kolben-Zylinderanordnung 10, 50, 60, 70, 80 einer Kolbenvakuumpumpe dargestellt, wobei hier im Wesentlichen nur der Bereich des Kolbens und des Zylinders gezeigt ist, nicht jedoch der Kolbenantrieb.

Die dargestellten Kolbenvakuumpumpen können einstufig ausgebildet sein, d.h. mit einem einzigen Kolben und einem einzigen Zylinder, jedoch kann die Kolbenvakuumpumpe auch mit zwei von einem Kolbenkörper gebildeten Kolben gebildet sein, die zwei Kompressionsräume bilden. Die Kompressionsräume können in Reihe hintereinander zu einer zweistufigen Kolbenvakuumpumpe geschaltet sein, können jedoch auch parallel zueinander geschaltet sein. Es handelt sich um Kolbenvakuumpumpen mit kleinem Pumpvolumen, d.h. mit einem Pumpvolumen von weniger als  $4,0 \text{ m}^3/\text{h}$  und einem Kolben- bzw. Zylinderdurchmesser von weniger als 50 mm.

Die Kolben-Zylinderanordnung 10 der Figuren 1 und 2 wird im Wesentlichen gebildet von einem im Querschnitt kreisförmigen Kolben 12, der in einem kreisförmigen Zylinder 14 in axialer Richtung beweglich angeordnet ist. Die Kolbenzylinderanordnung 10 ist zu einer Querebene symmetrisch aufgebaut, so dass ein einziger Kolbenkörper zwei Kolben 12, 12' bildet. Beide Kolben 12, 12' sowie die beiden zugeordneten Zylinder 14 sind spiegelbildlich zur Mittelquerebene ausgebildet.

Der Zylinder 14 wird im Wesentlichen gebildet von einer Zylinder-Seitenwand 16 und einem Zylinder-Auslassventil 18, das den Zylinderboden bildet. Das Zylinder-Auslassventil 18 wird von einem ebenen Ventilteller 20 und einer Druckfeder 22 gebildet, die den Ventilteller 20 in seine Schließposition vorspannt.

Der Kolben 12 ist ein Hohlkörper und weist eine zylindrische Kolben-Seitenwand 24 und eine ebene Kolben-Stirnwand 26 auf. Der Kolben 12 oszilliert in dem Zylinder 14 zwischen zwei Totpunkten zwischen einem Saughub und einem Kompressionshub bzw. einem Kompressionshub und einem Saughub. Der Totpunkt zwischen einem Kompressionshub und einem Saughub ist in Figur 1 dargestellt.

In der Zylinder-Seitenwand 24 sind zwei Gaseinlässe 30 vorgesehen, die in einem bestimmten Maß axial entfernt vom Zylinderboden, d.h. vom Ventilteller 20 angeordnet sind. Die beiden einander gegenüberliegenden Gaseinlässe 30 sind so weit entfernt von dem Zylinderboden angeordnet, dass sie von dem Kolben während des Saughubes und Kompressionshubes verschlossen werden, wie in Figur 2 dargestellt, solange der Kolben seinen Totpunkt zwischen Saughub und Kompressionshub nicht erreicht hat. Erst in diesem Totpunkt hat der Kolben 12 mit seiner Kolben-Stirnwand 26 die Gaseinlässe 30 vollständig passiert, so dass das Gas aus den Gaseinlässen 30 direkt in den von dem Kolben 12 und dem Zylinder 14 gebildeten Kompressionsraum 28 einfließen kann. Sobald der Kolben 12 den Kompressionshub beginnt, verschließt er mit seiner Kolben-Seitenwand 24 die Gaseinlässe 30 wieder.

Der Kolben 12 weist in seiner Seitenwand 24 zwei Kolben-Seitenwandöffnungen 32 auf, die in einen Kolbenhohlraum münden, der einen Speicherraum 34 bildet. In der axialen Mitte der Kolben-Stirnwand 26 ist eine Stirnwandöffnung 36 vorgesehen, die zusammen mit einer außenseitig auf der Stirnwand 26 befestigten Federzunge 38 ein Rückschlagventil 40 bildet. Das Rückschlagventil 40 öffnet, sobald der Gasdruck in dem Kolbenspeicherraum 34 über dem Gasdruck in dem Kompressionsraum 28 liegt. Dies ist während des in Figur 2 dargestellten Saughubes des Kolbens 12 der Fall, so dass während des Saughubes ein Druckausgleich zwi-



schen dem Speicherraum 34 und dem Kompressionsraum 28 stattfindet. Während des Kompressionshubes des Kolbens 12 bleibt das Rückschlagventil 40 geschlossen.

Die Funktionsweise der Kolben-Zylinderanordnung 10 ist wie folgt:

Während des Kompressionshubes des Kolbens 12 ist das Rückschlagventil 40 geschlossen und wird das Gas in dem Kompressionsraum 28 komprimiert. Sobald der Gasdruck in dem Kompressionsraum 28 den Auspuffdruck erreicht, öffnet sich das Zylinder-Auslassventil 18 und strömt aus dem Kompressionsraum 28 aus. Am Ende des Kompressionshubes des Kolbens 12 erreicht der Kolben den in Figur 1 dargestellten Totpunkt. In dieser Kolbenposition fluchten die beiden Gaseinlässe 30 mit den Kolben-Seitenwandöffnungen 32, so dass ein Druckausgleich stattfindet und Gas in den Speicherraum 34 einfließt. Daraufhin beginnt der Saughub, der in Figur 2 dargestellt ist. Die Gaseinlässe 30 und die Seitenwandöffnungen 32 fluchten nicht mehr miteinander, so dass kein Gas mehr in den Speicherraum 34 nachfließen kann. Sobald der Gasdruck in dem Kompressionsraum 28 nennenswert unter den Gasdruck im Speicherraum 34 fällt, öffnet sich das Rückschlagventil 40, so dass Gas aus dem Speicherraum 34 in den Kompressionsraum 28 strömt. Hierdurch wird ein starker Unterdruck in dem Kompressionsraum 28 während des Saughubes vermieden, so dass die hierfür erforderliche Antriebsleistung relativ klein ist. Am Ende des Saughubes und bei Erreichen des ihn beendenden Totpunktes verschließt der Kolben 12 nicht mehr den Gaseinlass 30, so dass Gas aus dem Gaseinlass 30 direkt in den Kompressionsraum 28 fließt. Zu Beginn des Kompressionshubes zum Ende des Saughubes verschließt der Kolben 12 die Gaseinlässe 30 in Bezug auf den Kompressionsraum 28 wieder. Während des an-

schließenden Kompressionshubes ist das Rückschlagventil 40 wieder verschlossen.

In der in Figur 3 dargestellten Ausführungsform ist ein einziger Gaseinlass 30 vorgesehen, der in eine Ringnut 52 mündet. Die Ringnut 52 ist umlaufend und in die Zylinder-Seitenwand 16 eingelassen. In Figur 4 ist eine ähnliche Kolben-Zylinderanordnung 60 dargestellt, bei der im Unterschied zu der Ausführungsform der Figur 3 eine Ringnut 62 in die Zylinder-Seitenwand 24 eingelassen ist. Die Ringnute 52, 62 erstrecken sich axial über ein mehrfaches der Weite des Gaseinlasses 30. Hierdurch besteht noch während des in den Figuren 3 und 4 dargestellten Saughubes des Kolbens 12 eine Verbindung zwischen dem Gaseinlass 30 und dem Kolben-Speicherraum 34.

Die Kolben-Seitenwandöffnungen 32 und der Kolben-Speicherraum der Kolben-Zylinderanordnungen der Figuren 1-4 bilden eine Ausgleichsleitung zum Ausgleich des (Unter-)Druckes in dem Kompressionsraum 28 während des Saughubes des Kolbens 12.

Bei den in den Figuren 5 und 6 dargestellten Kolben-Zylinderanordnungen 70, 80 ist die Ausgleichsleitung anders ausgebildet als bei den Kolben-Zylinderanordnungen 10, 50, 60 der Figuren 1-4.

Bei der Kolben-Zylinderanordnung 70 der Figur 5 ist die Ausgleichsleitung als Spalt 72 zwischen der Seitenwand 73 des Kolbens 74 und der Seitenwand 75 des Zylinders ausgebildet. Der Spalt 72 hat eine Spaltbreite von ungefähr 50  $\mu\text{m}$ . Die Spaltbreite kann jedoch auch größer oder niedriger ausfallen und hängt davon ab, wie groß die Druckunterschiede zwischen dem Gaseinlass 30 und dem Kompressionsraum 28 sind. Der Spalt 72 bildet aufgrund seiner Drosselwirkung auch ein Ventil, so dass

der Spalt 72 sowohl die Ausgleichsleitung als auch das Ventil bildet. Die Spaltbreite wird so gering gewählt, dass die Rückstromverluste während des Kompressionshubes des Kolbens 74 möglichst gering ausfallen. Die Spaltbreite wird jedoch so groß gewählt, dass während des Saughubes ein gewisser Druckausgleich zwischen dem Gaseinlass 30 und dem Kompressionsraum 28 stattfindet.

In dem in Figur 6 dargestellten Ausführungsbeispiel einer Kolben-Zylinderanordnung 80 sind die Ausgleichsleitung und das Ventil als axiale Nut 82 in der Kolben-Seitenwand 84 ausgebildet. Alternativ können die Ausgleichsleitung und das Ventil auch als axiale Nut in der Zylinder-Seitenwand ausgebildet sein.

Der Querschnitt der axialen Nut 82 ist so gewählt, dass während des Saughubes des Kolbens 86 ein ausreichender Druckausgleich zwischen dem Gaseinlass 30 und dem Kompressionsraum 28 stattfindet, jedoch während des Kompressionshubes des Kolbens 86 die Rückstromverluste zwischen Kompressionsraum 28 über die Nut 82 in den Gaseinlass 30 gering ausfallen.

PATENTANSPRÜCHE

1. Kolbenvakuumpumpe mit

einem Zylinder (14) und einem Kolben (12), der mit dem Zylinder (14) einen Kompressionsraum (28) bildet und in dem Zylinder (14) mit einem Kompressionshub und einem Saughub oszilliert,

einem Gaseinlass (30) in einer Seitenwand (16) des Zylinders (14), wobei der Gaseinlass (30) zu Beginn des Saughubes von dem Kolben (12) verschlossen und am Ende des Saughubes offen ist, und

einer Ausgleichsleitung mit einem Ventil, wobei während des Beginns des Saughubes Gas von dem Gaseinlass (30) durch die Ausgleichsleitung und das Ventil in den Kompressionsraum (28) fließt,

d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Kolben (12) die Ausgleichsleitung und das Ventil bildet.

2. Kolbenvakuumpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgleichsleitung in dem Kolben (12) zwischen einer Kolben-Seitenwandöffnung (32) und einer Kolben-Stirnwandöffnung (36) gebildet ist, wobei die Kolben-Stirnwandöffnung (36) und der Gaseinlass (30) zu Beginn des Saughubes miteinander verbunden sind.

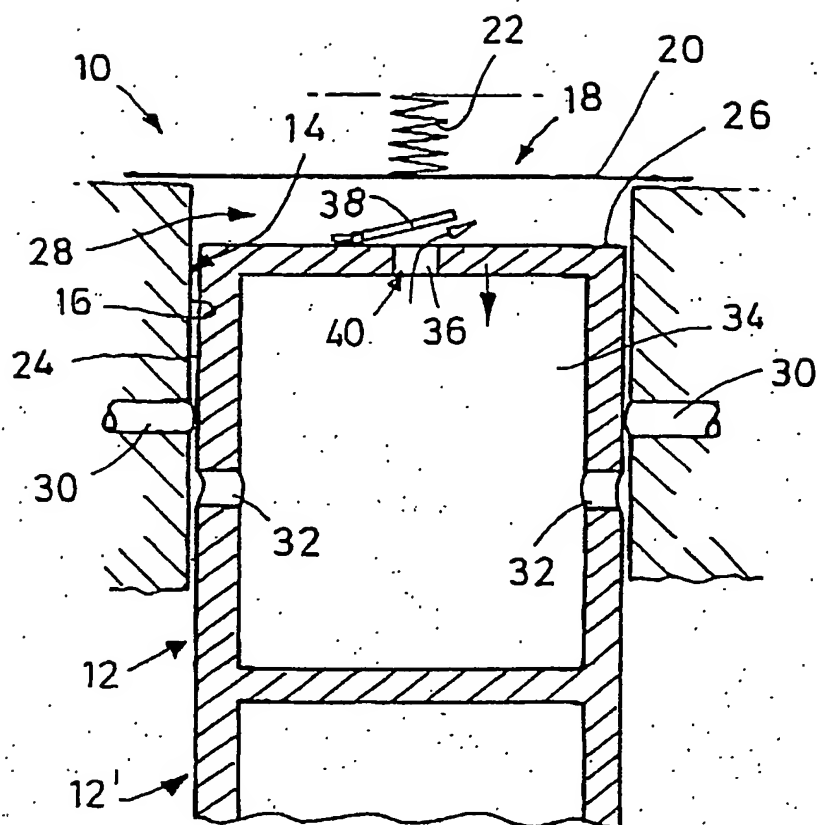
3. Kolbenvakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil ein Rückschlagventil (40) ist, das in Richtung Gaseinlass (30) sperrt und in Richtung Kompressionsraum (28) öffnet.
4. Kolbenvakuumpumpe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Rückschlagventil (40) an der Kolben-Stirnwand (26) angeordnet ist.
5. Kolbenvakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass dem Gaseinlass (30) eine Ringnut (52,62) in der Zylinder-Seitenwand (16) und/oder in der Kolben-Seitenwand (24) zugeordnet ist.
6. Kolbenvakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass im Verlauf der Ausgleichsleitung in dem Kolben (12) ein Speicherraum (34) vorgesehen ist.
7. Kolbenvakuumpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgleichsleitung und das Ventil von einem Spalt (72) zwischen der Kolben-Seitenwand (73) und der Zylinder-Seitenwand (75) gebildet werden, wobei die Spaltbreite zwischen 10 und 100  $\mu\text{m}$  liegt.
8. Kolbenvakuumpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgleichsleitung und das Ventil von einer im Wesentlichen axialen Nut (82) in der Kolben-Seitenwand (84) oder in der Zylinder-Seitenwand gebildet werden.
9. Kolbenvakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, dass das Ventil als Drossel ausgebildet ist.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Kolbenvakuumpumpe

Eine Kolbenvakuumpumpe weist einen Zylinder (14) und einen Kolben (12) auf, der mit dem Zylinder (14) einen Kompressionsraum (28) bildet. Der Kolben (12) oszilliert in dem Zylinder (14) mit einem Kompressionshub und einem Saughub. In einer Seitenwand (16) des Zylinders (14) ist ein Gaseinlass (30) vorgesehen, wobei der Gaseinlass (30) zu Beginn des Saughubes von dem Kolben (12) verschlossen und am Ende des Saughubes offen ist. Ferner ist eine Ausgleichsleitung und ein Ventil vorgesehen, durch die während des Beginns des Saughubes Gas von dem Gaseinlass (30) in den Kompressionsraum (28) fließt. Aufgabe war es, eine einfache Anordnung einer Ausgleichsleitung mit Ventil vorzusehen. Gemäß der Erfindung bildet im Wesentlichen der Kolben die Ausgleichsleitung und das Ventil. Hierdurch kann das Ventil im Bereich der Kolben-Stirnwand wirken, so dass der Totraum minimiert wird.

(Fig. 2)



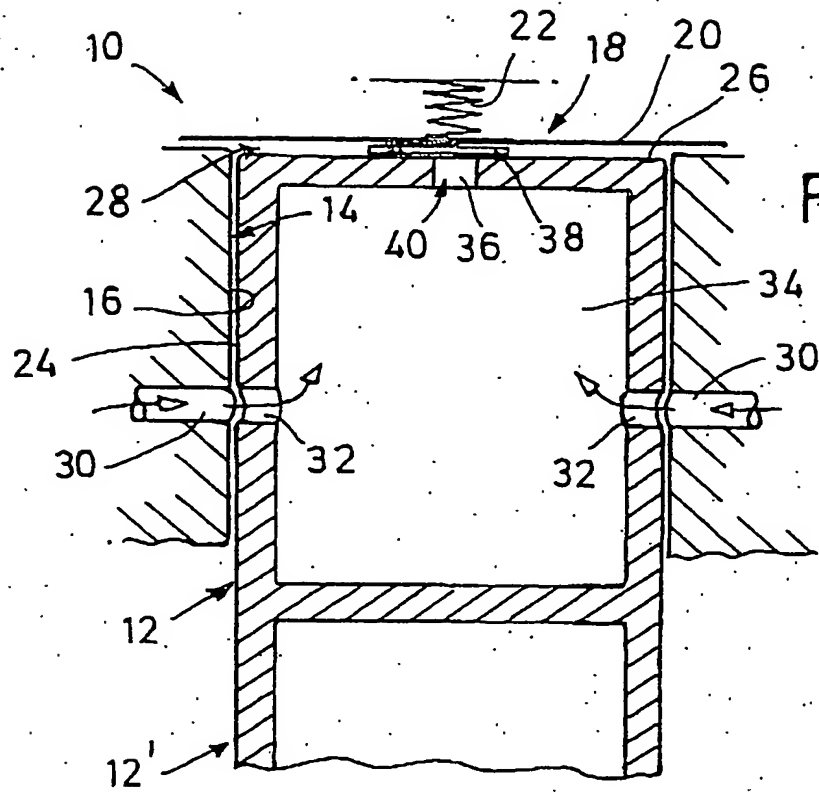


Fig.1

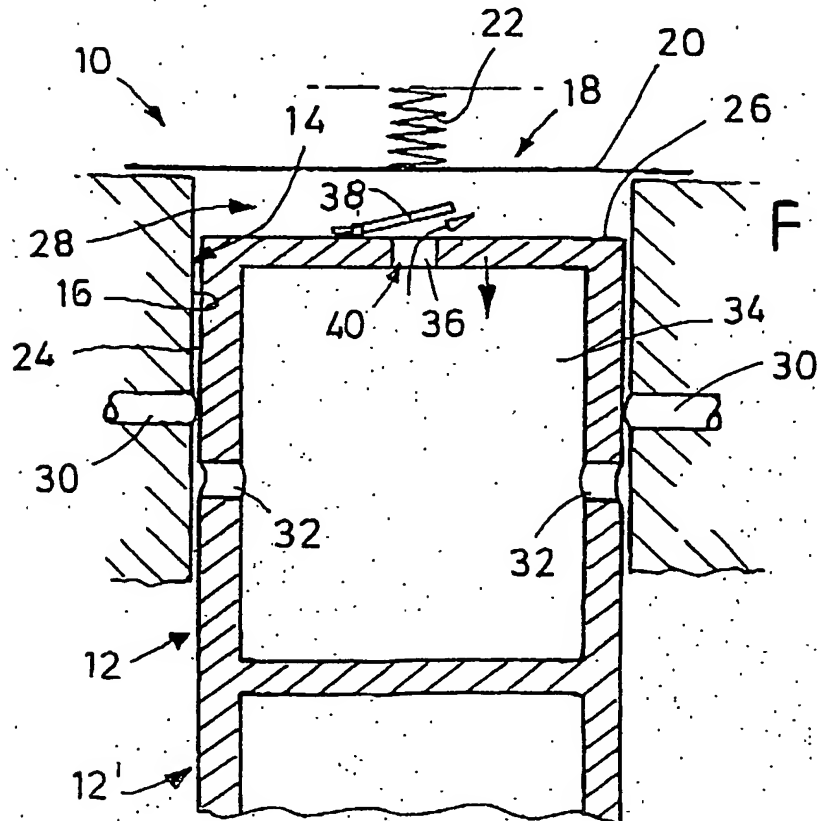


Fig.2



Fig. 3

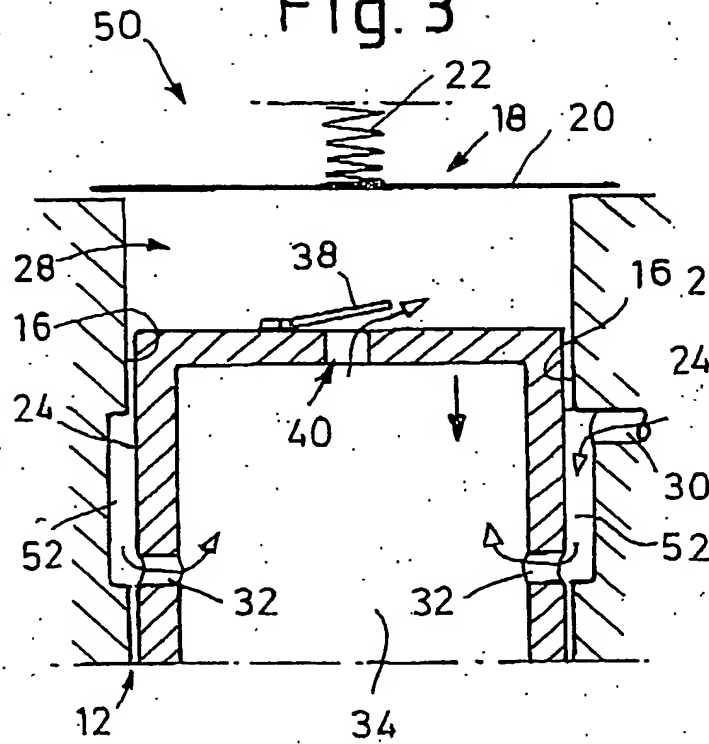


Fig. 4

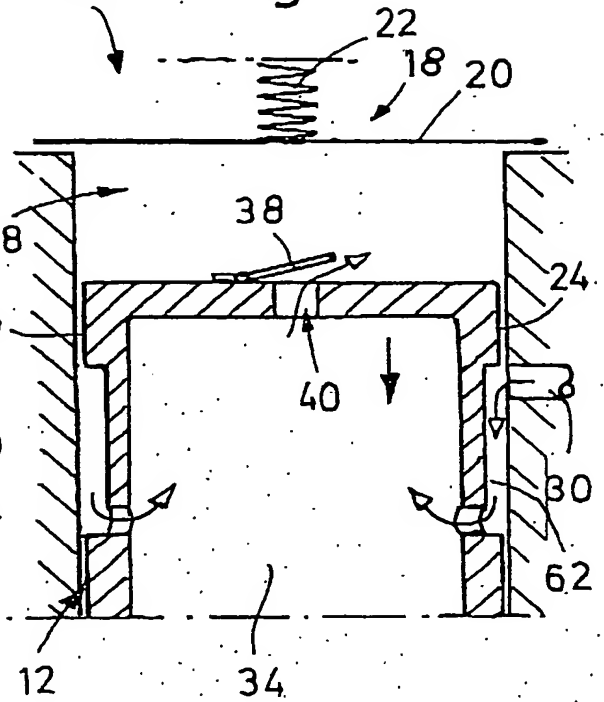


Fig. 5

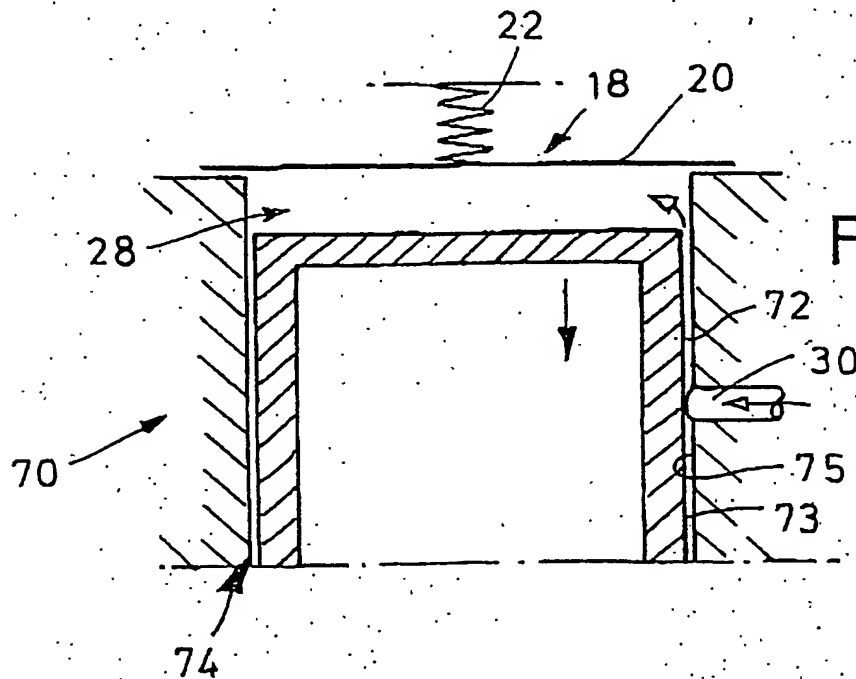
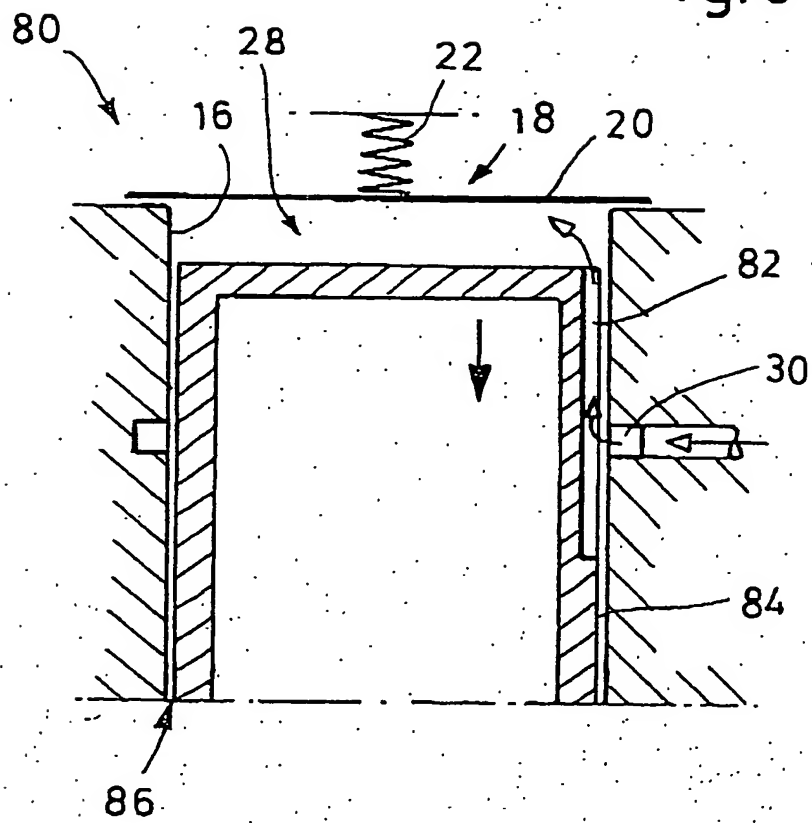


Fig.6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**